

STUDI PERENCANAAN REVETMENT PADA PANTAI RINDU ALAM DI KABUPATEN TANAH BUMBU KALIMANTAN SELATAN

Roberto Eka Putra (2110512031)

ABSTRAK

Pantai Rindu Alam merupakan salah satu pantai yang terletak di Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan dan merupakan salah satu objek wisata yang ramai dikunjungi. Namun sekarang kondisi Pantai Rindu Alam sangat mengkhawatirkan karena terjadinya pergeseran garis pantai yang disebabkan oleh hantaman gelombang laut yang terjadi terus menerus pada Pantai Rindu Alam. Akibat dari bergesernya garis pantai mendekati jalan raya membuat pohon-pohon yang awalnya tumbuh di pinggir pantai menjadi terendam air laut dan banyak yang tumbang. Oleh karena itu perlu dibangun bangunan pelindung pantai untuk melindungi Pantai Rindu Alam dari Abrasi yang mengakibatkan terjadinya pergeseran garis pantai. Bangunan pelindung pantai adalah suatu bangunan yang digunakan untuk melindungi pantai dari kerusakan karena serangan gelombang laut, arus, mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai serta merubah laju transport sedimen sepanjang pantai. Salah satu contoh bangunan pelindung pantai adalah revetment. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui ketinggian gelombang di Pantai Rindu Alam kemudian merencanakan secara teknis bangunan pelindung pantai di Pantai Rindu Alam serta menghitung stabilitas guling dan geser bangunan yang direncanakan.

Dalam merencanakan revetment diperlukan data angin, data pasang surut, dan peta bathimetri. Data angin digunakan untuk mengetahui kecepatan angin yang berhembus yang mempengaruhi ketinggian gelombang dan periode gelombang di lokasi, data pasang surut digunakan untuk mengetahui elevasi air tertinggi dan terendah dalam merencanakan bangunan pelindung pantai, serta peta bathimetri digunakan untuk mengetahui keadaan kedalaman laut (elevasi) disekitar lokasi pembangunan bangunan pelindung pantai. Berdasarkan analisa pada data tersebut kemudian dapat digunakan untuk merencanakan dimensi revetment yang sesuai dengan kondisi di lokasi.

Dari hasil perhitungan data diperoleh gelombang pecah yang terjadi di kedalaman 3,6 m dengan tinggi gelombang 3,575 m. Revetment dibangun pada elevasi $\pm 0,00$ m dimana berdasarkan analisa data berarti gelombang yang terjadi adalah gelombang telah pecah sehingga dimensi bangunan diperoleh tingginya 5,35 m, lebar puncak 1,95 m, lebar bawah 18,00 m, kemiringan bangunan 1:1,5 dan panjang revetment adalah 2 km. Revetment yang dibangun terdiri dari 3 lapis yang menggunakan bahan utama adalah batu pecah.

Kata Kunci : Bangunan pelindung pantai, , Revetment, Gelombang.

PENDAHULUAN

Menurut Bambang Triatmojo pada buku Teknik Pantai tahun 1999, bangunan pelindung pantai adalah suatu bangunan yang digunakan untuk melindungi pantai dari kerusakan karena serangan gelombang laut, arus, mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai serta merubah laju transport sedimen sepanjang pantai. Bangunan pelindung pantai bisa berupa

pasangan batu, beton, turap, dan kayu. Permukaan bangunan dapat berupa sisi tegak, miring, lengkung atau bertangga. Salah satu contoh bangunan pelindung pantai adalah revetment. Revetment adalah struktur bangunan pelindung pantai yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang berfungsi untuk melindungi pantai dari erosi dan limpasan gelombang. Revetment ditempatkan sejajar atau hampir sejajar garis pantai dengan bagian

depan menghadap ke arah datangnya gelombang dan bagian belakang melindungi wilayah belakang bangunan atau daratan.

Pantai Rindu Alam merupakan salah satu pantai yang terletak di Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan dan merupakan salah satu objek wisata yang ramai dikunjungi. Namun sekarang kondisi Pantai Rindu Alam sangat mengkhawatirkan karena terjadinya pergeseran garis pantai yang disebabkan oleh hantaman gelombang laut yang terjadi terus menerus pada Pantai Rindu Alam. Akibat dari bergesernya garis pantai mendekati jalan raya membuat pohon-pohon yang awalnya tumbuh di pinggir pantai menjadi terendam air laut dan banyak yang tumbang.

Besarnya kekuatan gelombang air laut yang menuju ke Pantai Rindu Alam dipengaruhi oleh kecepatan angin yang menuju ke arah Pantai Rindu Alam dan jarak Pantai Rindu Alam dengan pulau yang berada disekitarnya (*fetch*). Dengan jarak *fetch* yang jauh membuat kecepatan angin yang berhembus dari daerah selatan Pantai Rindu Alam sangat kuat sehingga menimbulkan tegangan pada permukaan air laut dan membentuk gelombang laut yang besar menuju ke Pantai Rindu Alam sehingga mengakibatkan kerusakan-kerusakan pada Pantai Rindu Alam.

Karena kerusakan-kerusakan yang terjadi maka pada Pantai Rindu Alam perlu dilakukan suatu penanganan agar kerusakan-kerusakan yang terjadi dapat dikurangi atau diatasi. Penanganan yang dilakukan adalah dengan membuat suatu bangunan pelindung pantai pada Pantai Rindu Alam untuk melindungi pantai dari besarnya hantaman gelombang laut yang terus menerus menghantam Pantai Rindu Alam dan mencegah abrasi yang terjadi sehingga dapat mencegah bergesernya garis pantai yang semakin mendekati jalan raya. Penanganan yang dilakukan pada Pantai Rindu Alam juga bertujuan untuk menjaga kelestarian Pantai Rindu Alam

sebagai objek wisata yang menarik di Kabupaten Tanah Bumbu.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil pada penulisan ini adalah:

1. Berapakah tinggi gelombang laut di Pantai Rindu Alam?
2. Bagaimanakah perencanaan teknis bangunan pelindung pantai di Pantai Rindu Alam?
3. Bagaimanakah stabilitas guling dan geser bangunan pelindung Pantai Rindu Alam?

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui tinggi gelombang laut di Pantai Rindu Alam.
2. Untuk merencanakan secara teknis bangunan pelindung pantai di Pantai Rindu Alam.
3. Untuk mengetahui stabilitas bangunan pelindung pantai di Pantai Rindu Alam terhadap guling dan geser.

Manfaat yang diperoleh yaitu sebagai penambah wawasan tentang bangunan-bangunan pelindung pantai dan cara penanggulangan kerusakan pada pantai, serta sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi instansi terkait.

TINJAUAN PUSTAKA

Kerusakan Pantai

Pantai secara alami berfungsi sebagai pembatas antara darat dan laut, tempat hidup biota pantai dan tempat sungai bermuara. Dalam perkembangannya fungsi pantai mengalami perubahan sesuai kebutuhan manusia, antara lain sebagai tempat saluran bermuara (tambak), tempat peralihan kegiatan hidup di darat dan di laut (pelabuhan, pelayaran), tempat hunian nelayan, tempat wisata dan lain-lain. Daerah pantai atau pesisir memiliki sifat yang dinamis dan rentan terhadap perubahan lingkungan baik karena proses alami maupun aktivitas manusia, sehingga

pantai rentan terhadap beberapa jenis kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh:

1. Pemukiman dan fasilitas umum yang terlalu dekat dengan garis pantai
2. Area pertanian terlalu dekat dengan garis pantai
3. Penambangan pasir di kawasan pesisir
4. Pencemaran lingkungan di perairan pantai
5. Intrusi air laut
6. Penebangan hutan atau tanaman mangrove untuk dijadikan tambak
7. Pengambilan atau pengrusakan terumbu karang
8. Banjir akibat rob pasang
9. Erosi dan abrasi pantai
10. Pendangkalan muara sungai
11. Tanah timbul sebagai akibat endapan pantai dan menyebabkan majunya garis pantai.

Distribusi Probabilitas

Dalam memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu dapat menggunakan metode distribusi Gumbel (*Fisher-Tippet Type I*) dan distribusi Weibull. Dalam metode ini prediksi dilakukan untuk memperkirakan tinggi gelombang signifikan dengan berbagai periode ulang. Bentuk metode distribusi Gumbel (*Fisher-Tippet Type I*) adalah sebagai berikut:

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,44}{N_T + 0,12}$$

$$Y_m = -\ln \{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\}$$

Bentuk metode distribusi Weibull adalah sebagai berikut:

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{N_T + 0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}}$$

$$Y_m = [-\ln \{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k}$$

Dengan:

$P(H_s \leq H_{sm})$: probabilitas dari tinggi gelombang representative ke m yang tidak dilampaui

H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m

m : nomor urut tinggi gelombang signifikan = 1, 2, N

N_T : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Y_m : variabel distribusi probabilitas

Periode Ulang

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus berikut ini:

$$H_{sr} = \hat{A} yr + \hat{B}$$

Dimana yr diberikan oleh bentuk berikut:

Untuk distribusi *Fisher-Tippet Type I*:

$$yr = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{LT_r} \right) \right\}$$

Untuk distribusi Weibull:

$$yr = \{ \ln(L \cdot Tr) \}^{1/k}$$

Dengan:

H_{sr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r : periode ulang (tahun)

K : panjang data (tahun)

L : rerata jumlah kejadian per tahun
 $= \frac{N_T}{K}$

yr : variabel periode ulang

Interval Keyakinan

Perkiraan interval keyakinan adalah sangat penting dalam analisis gelombang ekstrim. Hal ini mengingat bahwa biasanya periode pencatatan gelombang adalah pendek, dan tingkat ketidakpastian yang

tinggi dalam perkiraan gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh penyebaran data, sehingga nilainya tergantung pada deviasi standar.

Menurut Bambang Triatmodjo pada buku Teknik Pantai tahun 1999, Gumbel (1958) dan Goda (1988) melakukan pendekatan untuk perkiraan deviasi standar dari nilai ulang. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha (yr - c + \varepsilon \ln v)^2]^{\frac{1}{2}}$$

Dengan:

σ_{nr} : standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

N : jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,2} + k\sqrt{-\ln v}}$$

e : eksponensial (2,7183)

$\alpha_1, \alpha_2, e, \varepsilon, k$: koefisien empiris yang diberikan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Koefisien untuk menghitung deviasi standar

Distribusi	α_1	α_2	k	c	ε
FT-1	0,64	9,0	0,93	0,0	1,33
Weibull ($k=0,75$)	1,65	11,4	-0,63	0,0	1,15
Weibull ($k=1,0$)	1,92	11,4	0,00	0,3	0,90
Weibull ($k=1,4$)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72
Weibull ($k=2,0$)	2,24	11,4	1,34	0,5	0,54

Besaran absolute dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus berikut:

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{Hs}$$

$$\sigma_{Hs} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 \right]^{1/2}$$

Dengan:

σ_r : kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

σ_{Hs} : deviasi standar dari data tinggi gelombang signifikan

Gelombang Laut Dalam Ekvivalen

Analisis transformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekvivalen, yaitu tinggi gelombang di laut dalam apabila gelombang tidak mengalami refraksi. Pemakaian gelombang ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi, difraksi, dan transformasi lainnya, sehingga perkiraan transformasi dan deformasi gelombang dapat dilakukan dengan lebih mudah. Tinggi gelombang laut dalam ekvivalen diberikan oleh bentuk:

$$H'_0 = K' K_r H_0$$

dengan:

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekvivalen (m)

H_0 : tinggi gelombang laut dalam (m)

K' : koefisien difraksi

K_r : koefisien refraksi

Gaya Gelombang Pecah

Gelombang pecah yang menghantam dinding vertikal akan menimbulkan tekanan yang besar dengan durasi singkat. Tekanan tersebut bekerja pada daerah di sekitar muka air diam. Tekanan maksimum p_m mempunyai bentuk:

$$p_m = 101 \gamma \frac{H_b d_s}{L_D D} (D + d_s)$$

Dengan:

$$D = d_s + L_d m$$

Dimana:

p_m : Tekanan dinamis maksimum (t/m²)

H_b : Tinggi gelombang pecah (m)

d_s : Kedalaman pada kaki bangunan (m)

D : Kedalaman pada jarak satu panjang gelombang di depan dinding (m)

L_D : Panjang gelombang pada kedalaman D (m)

Gaya yang ditimbulkan adalah luas dari distribusi tekanan dinamis yaitu:

$$R_m = \frac{p_m H_b}{3}$$

Sedang momen yang ditimbulkan oleh tekanan dinamis terhadap kaki bangunan adalah:

$$M_m = R_m d_s = \frac{p_m H_b d_s}{3}$$

Selain gaya dan momen yang ditimbulkan oleh gelombang pecah tersebut, perlu ditambahkan pula gaya dan momen yang ditimbulkan oleh tekanan hidrostatik.)

$$P_s = \gamma \left(d_s + \frac{1}{2} H_b \right)$$

Dimana:

P_s : Tekanan hidrostatik maksimum (t/m^2)

d_s : Kedalaman air pada kaki bangunan (m)

H_b : Tinggi gelombang pecah (m)

Gaya yang ditimbulkan adalah:

$$R_s = \frac{\gamma \left(d_s + \frac{1}{2} H_b \right)^2}{2}$$

Sedangkan momen yang ditimbulkan adalah:

$$M_s = \frac{1}{6} \gamma \left(d_s + \frac{1}{2} H_b \right)^3$$

METODE

Perhitungan Kecepatan Angin Terkoreksi

Kecepatan angin rata-rata yang dinyatakan dalam knot terlebih dahulu

dikonversikan dalam satuan (m/dt). Kecepatan angin ini perlu dikoreksi terhadap pengaruh suhu didarat dan dilaut, pengaruh lokasi pengukuran dan durasi rata-rata kecepatan angin. Setelah itu dihitung faktor tegangan anginnya (U_A).

Langkah analisisnya adalah sebagai berikut:

Data angin tanggal 1 Januari 2002:

Arah angin= S

Kecepatan (U) = 10 knots = 10 x 0,51475 = 5,1475 m/dt

Ketinggian pengukuran = +10,0 m

Perhitungan:

- Diketahui R_T di lokasi = 1,01
 R_T adalah faktor koreksi stabilitas berdasarkan perbedaan temperatur udara dengan air laut.
 - Koreksi terhadap pengaruh lokasi terhadap fungsi kecepatan angin R_L = 1,3, nilai R_L dapat dilihat grafik pada gambar 2.7 atau bisa dicari dengan persamaan $R_L = 1,5109422 e^{(-0,0249 U_{10})}$.
 - Dicari pengaruh durasi kecepatan anginnya dengan menggunakan rumus:
 $U_f = R_T \times R_L \times (U_{10})_L$
 $= 1,01 \times 1,3 \times 5,148$
 $= 6,759 \text{ m/dt}$
 $t = \frac{1609}{U_f} = \frac{1609}{6,759} = 238,065 \text{ dt (waktu tempuh gelombang 1 m)}$
 - Selanjutnya mencari nilai dari $\frac{U_t}{U_{3600}}$, dengan menggunakan rumus:
 $\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \tanh(0,9 \log_{10} \frac{45}{t})$, untuk $1 < t < 3600$ detik
 $\frac{U_t}{U_{3600}} = -0,15 \log_{10} t + 1,5334$, untuk $3600 < t < 36000$ detik
- Dari rumus di atas diperoleh $\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,11$
- Kecepatan angin terkoreksi didapatkan dengan cara sebagai berikut:
- $$U = \frac{U_f}{\left(\frac{U_t}{U_{3600}} \right)} = \frac{6,759}{1,12} = 6,10 \text{ m/dt}$$

- Sehingga faktor tegangan angin yang telah terkoreksi adalah:

$$U_A = 0,71 U^{1,23}$$

$$= 0,71 \cdot 6,10^{1,23}$$

$$= 6,57 \text{ m/dt}$$

Berikut adalah tabel perhitungan kecepatan angin terkoreksi pada bulan januari 2002.

Tabel 3.1 Perhitungan t_{kritis} Bulan Januari 2002

Tanggal	Arah	t kritis				Hasil Perhitungan	
		UA (m/dt)	Fetch Limited (jam)	FDS (jam)	Fetch Eff (km)	Kondisi	H mo (m)
1	S	6,57	12,59	13,31	135,65	FL	1,24
2	B	3,65	0,00	7,39	0	FL	0,00
3	S	5,82	13,11	11,80	135,65	FDS	0,84
4	U	3,65	0,00	7,39	0	FL	0,00
5	U	5,08	0,00	10,31	0	FL	0,00
6	U	3,65	0,00	7,39	0	FL	0,00
7	U	2,95	0,00	5,98	0	FL	0,00
8	U	0,00	0,00	0,00	0	FL	0,00
9	S	5,82	13,11	11,80	135,65	FDS	0,84
10	BD	5,08	18,05	10,31	204,897	FDS	0,64
11	U	3,65	0,00	7,39	0	FL	0,00
12	U	6,57	0,00	13,31	0	FL	0,00
13	TL	3,65	2,52	7,39	9,073	FL	0,27
14	U	5,08	0,00	10,31	0	FL	0,00
15	U	5,08	0,00	10,31	0	FL	0,00
16	T	3,65	3,03	7,39	11,96	FL	0,35
17	U	5,82	0,00	11,80	0	FL	0,00
18	U	3,65	0,00	7,39	0	FL	0,00
19	S	6,57	12,59	13,31	135,65	FL	7,20
20	U	3,65	0,00	7,39	0	FL	0,00
21	U	2,27	0,00	4,60	0	FL	0,00
22	S	1,62	20,08	3,28	135,65	FDS	0,06
23	U	2,95	0,00	5,98	0	FL	0,00
24	U	5,82	0,00	11,80	0	FL	0,00
25	U	5,82	0,00	11,80	0,00	FL	0,00
26	U	6,57	0,00	13,31	0	FL	0,00
27	U	6,57	0,00	13,31	0	FL	0,00
28	U	6,57	0,00	13,31	0	FL	0,00
29	U	5,82	0,00	11,80	0	FL	0,00
30	U	6,57	0,00	13,31	0	FL	0,00
31	U	6,57	0,00	13,31	0	FL	0,00

Selanjutnya dapat diperoleh fetch efektif Pantai Rindu Alam dengan jarak fetch dari arah selatan.

Tabel 3.2 Perhitungan Fetch Efektif Pantai Rindu Alam

α (°)	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
90	0,00	11,96	0,00
45	0,71	162,732	115,54
0	1,00	135,65	135,65
45	0,71	204,897	144,88
90	0,00	0	0,00
Total	2,42		396,07
$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$		=	396,07
$F_{eff} =$	163,86276	km	
$F_{eff} =$	163862,76	m	

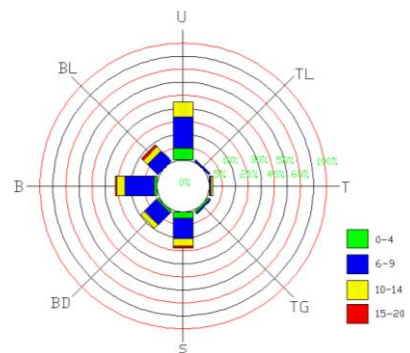
Perhitungan Mawar Angin

Tabel 3.3 Distribusi Dan Arah Angin Signifikan Bulan Januari

NO	ARAH	JUMLAH HARI KEJADIAN GELOMBANG				TOTAL HARI
		0<U10<4	5<U10<9	10<U10<14	15<U10<20	
1	U	17	73	22	0	112
2	TL	0	4	0	0	4
3	T	1	2	2	0	5
4	TG	1	3	0	0	4
5	S	8	32	17	2	59
6	BD	1	21	6	0	28
7	B	5	46	17	1	69
8	BL	0	19	8	2	29
JUMLAH TOTAL		33	200	72	5	310

Tabel 3.4 Mawar Angin Signifikan Bulan Januari

NO	ARAH	0<U10<4 (%)	5<U10<9 (%)	10<U10<14 (%)	15<U10<20 (%)	TOTAL (%)
1	U	5,484	23,548	7,097	0,000	36,129
2	TL	0,000	1,290	0,000	0,000	1,290
3	T	0,323	0,645	0,645	0,000	1,613
4	TG	0,323	0,968	0,000	0,000	1,290
5	S	2,581	10,323	5,484	0,645	19,032
6	BD	0,323	6,774	1,935	0,000	9,032
7	B	1,613	14,839	5,484	0,323	22,258
8	BL	0,000	6,129	2,581	0,645	9,355
JUMLAH TOTAL		10,645	64,516	23,226	1,613	100,000



Gambar 2.1 Mawar Angin Signifikan Bulan Januari

Tabel 3.5 Perhitungan Tinggi Dan Periode Gelombang Bulan Januari

NO	TAHUN	UA (m/dt)	FETCH EFEKTIF (m)	Tinggi GELOMBANG H (m)	PERIODE GELOMBANG T (s)
1	2	3	4	5	6
1	2002	6,57	163862,76	1,36	6,19
2	2003	8,86	163862,76	1,83	6,83
3	2004	8,86	163862,76	1,83	6,83
4	2005	9,63	163862,76	1,99	7,03
5	2006	7,32	163862,76	1,52	6,42
6	2007	11,20	163862,76	2,32	7,38
7	2008	8,09	163862,76	1,67	6,63
8	2009	9,63	163862,76	1,99	7,03
9	2010	12,00	163862,76	2,48	7,55
10	2011	13,60	163862,76	2,81	7,87

PEMBAHASAN

Perhitungan Struktur Revetment Dengan Pasangan Batu

Data-data yang diperoleh pada bab sebelumnya untuk merencanakan struktur revetment pada Pantai Rindu Alam adalah sebagai berikut:

1. Tinggi gelombang rencana di lokasi (H_r) : 1,48 m
2. Periode gelombang signifikan (T) : 8,6 detik
3. Panjang gelombang (L_o) : 115,38 m
4. Air pasang tertinggi ($HHWL$) : 2,531 m
5. Air pasang terendah ($LLWL$) : 0,241 m
6. Air pasang rerata (MWL) : 1,557 m
7. Elevasi dasar (d_s) : $\pm 0,00$ m
8. Berat jenis air laut (γ_a) : 1,03 t/m³
9. Berat jenis batu (γ_r) : 2,65 t/m³
10. Kemiringan dasar laut (m) : 0,05 (1:20)
11. Tinggi gelombang pecah (H_b) : 3,575 m
12. Kedalaman gelombang pecah (d_b) : 3,65 m

Perencanaan Dimensi Bangunan Revetment

Data-data material yang digunakan untuk konstruksi dimensi revetment ini adalah sebagai berikut:

1. Berat jenis air laut (γ_a) : 1,03 t/m³
2. Berat jenis batu (γ_r) : 2,65 t/m³
3. Porositas (P) : 37 %
4. Koefisien stabilitas bangunan (K_D) : 2,0
5. Koefisien lapisan (K_Δ) : 1,15
6. Jumlah lapisan butir batu (n) : 2
7. Kemiringan bangunan : 1:1,5

Perhitungan Elevasi Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DWL = HWL + Sw$$

Dimana :

DWL : Elevasi muka air rencana

Sw : Wave set-up

a. Wave set-up

Untuk perhitungan wave set-up digunakan data dari perhitungan gelombang rencana dimana, $H_b = 3,575$, $T = 8,6$ detik.

Maka besar wave set-up adalah:

$$Sw = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{g \cdot T^2}} \right] H_b$$

$$= 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{3,575}{9,81 \cdot 8,6^2}} \right] 3,575 = 0,545 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh elevasi muka air rencana:

$$DWL = HWL + Sw$$

$$DWL = 2,531 + 0,545 = 3,076 \text{ m}$$

Perhitungan Elevasi Mercu Revetment

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Elevasi mercu} &= DWL + Ru + Fb \\ &= 3,076 + 1,776 + 0,5 = \\ &5,35 \text{ m} \approx 5,35 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana:

DWL : Design water level (elevasi muka air rencana)

Ru : Run-up gelombang

Fb : Tinggi jagaan (0,5 – 1,5 m)

Perhitungan Lapis Lindung

Lapis pelindung luar

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H_r^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$\text{dimana } S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{2,65 \cdot 1,48^3}{2 \cdot \left(\frac{2,65}{1,03} - 1 \right)^3 \cdot 2} \\ &= 0,55 \text{ ton} = 550 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tebal lapis lindung (t_1):

$$t_1 = n \cdot K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

$$t_1 = 2.1,15 \left[\frac{0,55}{2,65} \right]^{1/3} = 1,36 \text{ m}$$

a. Lapis lindung kedua:

$$W_2 = \frac{W}{10} = \frac{0,55}{10} = 0,055 \text{ ton}$$

$$= 55 \text{ kg}$$

Tebal lapis lindung kedua:

$$t_2 = n \cdot K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

$$t_2 = 2.1,15 \left[\frac{0,055}{2,65} \right]^{1/3} = 0,63 \text{ m}$$

b. Lapis core layer:

$$W_3 = \frac{W_1}{200} = \frac{0,55}{200} = 0,00275 \text{ ton}$$

$$= 2,75 \text{ kg}$$

Lebar Puncak Revetment

Lebar puncak revetment untuk $n = 3$ (minimum) dan koefisien lapis (K_{Δ}) = 1,10 adalah sebagai berikut:

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

$$B = 3.1,10 \left[\frac{0,55}{2,65} \right]^{1/3} = 1,95 \text{ m}$$

Jumlah Batu Pelindung

Jumlah batu pelindung tiap satu satuan luas (10 m²) dan porositas = 37% dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \times \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$

$$N = 10.2.1,15 \left[1 - \frac{37}{100} \right] \times \left[\frac{2,65}{0,55} \right]^{2/3} = 41,34 \approx 42 \text{ buah}$$

Toe Protection Atau Apron Tumit Bangunan

a. Tinggi apron tumit

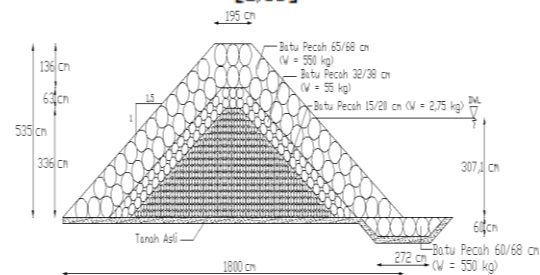
Menurut Bambang Triatmodjo di buku Perencanaan Bangunan Pantai tahun 2012, Hales (1980) menyatakan bahwa apron tumit ditempatkan pada kedalaman 0,6 m sampai 2,0 m jika berada pada kedalaman pasir yang cukup dalam. Maka pada pekerjaan revetment ini apron tumit ditempatkan pada kedalaman 0,6 m.

b. Lebar apron tumit

Dalam menghitung lebar apron tumit dihitung dengan persamaan berikut dimana nilai n adalah 4 dan nilai W adalah sama dengan nilai W lapis pertama yaitu 0,55 ton. Maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$B = n \cdot K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

$$B = 4.1,15 \left[\frac{0,55}{2,65} \right]^{1/3} = 2,72 \text{ m}$$



Gambar 4.1 Dimensi Revetment Dari Hasil Perhitungan

Stabilitas Bangunan

a. Perhitungan gaya dinamis

$$H_c = 0,78 \times H_b = 0,78 \times 3,575$$

$$= 2,79 \text{ m}$$

$$d_s = 2,531 \text{ m}$$

$$R_m = 0,5 \times \gamma_a \times d_s \times H_c$$

$$= 0,5 \times 1,03 \times 2,531 \times 2,79$$

$$= 3,64 \text{ ton}$$

Momen gaya gelombang dinamis:

$$Mm = Rm \times \left(ds + \frac{Hc}{2} \right)$$

$$= 3,64 \times \left(2,531 + \frac{2,79}{2} \right)$$

$$= 14,29 \text{ tm}$$

b. Perhitungan gaya hidrostatik

$$Rs = 0,5 \times \gamma_a \times (ds + Hc)^2$$

$$= 0,5 \times 1,03 \times (2,531 + 2,79)^2$$

$$= 14,58 \text{ ton}$$

Momen gaya hidrostatik:

$$Ms = \frac{1}{6} \times \gamma_a \times (ds + Hc)^3$$

$$= \frac{1}{6} \times 1,03 \times (2,531 + 2,79)^3$$

$$= 25,86 \text{ tm}$$

c. Gaya angkat

Perhitungan gaya angkat:

$$Ru = \frac{1}{2} \times \gamma_a \times ds \times B$$

$$Ru = \frac{1}{2} \times 1,03 \times 2,531 \times 18$$

$$= 23,46 \text{ ton}$$

Perhitungan momen angkat:

$$Mu = \frac{2}{3} \times Ru \times B$$

$$Mu = \frac{2}{3} \times 23,46 \times 18,00$$

$$= 281,52 \text{ tm}$$

Dimana:

ds : kedalaman air pada bangunan (m)

γ_a : Berat jenis air laut (t/m^3)

Ru : Gaya angkat pada bangunan (ton)

Mu : Momen angkat pada bangunan (tm)

B : Lebar bangunan (m)

d. Gaya dan momen total yang ditimbulkan oleh gaya hidrostatik dan dinamis adalah:

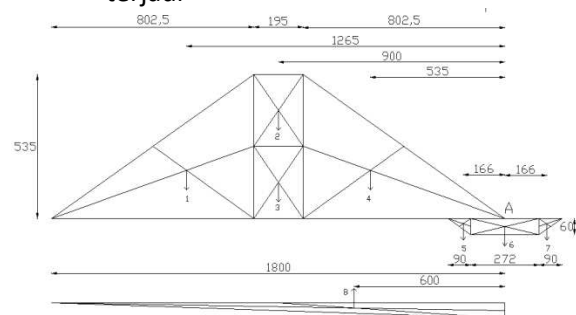
$$Rt = Rm + Rs$$

$$= 3,64 + 14,58 = 18,22 \text{ ton}$$

$$Mt = Mm + Ms$$

$$= 14,29 + 25,86 = 40,15 \text{ tm}$$

e. Perhitungan gaya dan momen yang terjadi



Gambar 4.2 Gaya Yang Bekerja Pada Revetment (ukuran dalam cm)

Tabel 4.1 Perhitungan gaya dan momen yang terjadi

GAYA	LUAS (m ²)	V (ton)	H (ton)	LENGAN (m)	MV (tonm)	MH (tonm)
1	21,47	56,896		12,65	719,728	
2	5,22	13,833		9	124,497	
3	5,22	13,833		9	124,497	
4	21,47	56,896		5,35	304,391	
5	0,27	0,716		1,66	1,188	
6	1,632	4,325		0	0,000	
7	0,27	0,716		-1,66	-1,188	
8	5,4	-14,310		6	-85,860	
Rs			14,58			25,86
Rm			3,64			14,29
Total		132,903	18,220		1187,253	40,15

Keterangan :

V : gaya vertikal akibat berat sendiri (V = luas x γ batu) (ton)

H : gaya horizontal (ton)

Lengan : jarak titik berat terhadap titik A (m)

MV : momen vertikal (MV = V x Lengan) (tm)

MH : momen horizontal (tm)

Kontrol Stabilitas

Setelah dimensi dari revetment sudah diperoleh maka dilakukan pengecekan terhadap stabilitas guling dan geser

dimana kontrol stabilitas pada konstruksi revetment adalah sebagai berikut:

a. Stabilitas Guling

$$\begin{aligned}\text{Stabilitas guling} &= \frac{\sum MV}{\sum MH + M_u} \geq 1,5 \\ &= \frac{1187,253}{40,15 + 281,52} \geq 1,5 \\ &= 3,69 \geq 1,5 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

b. Stabilitas Geser

$$\begin{aligned}\text{Stabilitas geser} &= \frac{(\sum V - R_u) \times f}{\sum H} \geq 1,5 \\ &= \frac{(132,903 - 23,46) \times 0,6}{18,220} \geq 1,5 \\ &= 3,60 \geq 1,5 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan data pada skripsi ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tinggi gelombang laut signifikan di lokasi dengan periode 10 tahun ($H_{ekstrim}$) diperoleh 3,2182 m.
2. Bangunan yang digunakan untuk pelindung Pantai Rindu Alam adalah bangunan revetment dengan pasangan batu pada elevasi $\pm 0,00$ m dengan tinggi gelombang rencana di lokasi bangunan (H_r) = 1,48 m. Diperoleh dimensi bangunan sebagai berikut:
 - a. Tinggi revetment : 5,35 m
 - b. Lebar puncak revetment : 1,95 m
 - c. Lebar bawah revetment : 18,00 m
 - d. Tinggi toe protection : 0,60 m
 - e. Lebar toe protection : 2,72 m
3. Stabilitas bangunan terhadap guling dan geser yaitu:

Stabilitas guling = $3,69 \geq 1,5$ (Aman)

Stabilitas geser = $3,60 \geq 1,5$ (Aman)

SARAN

1. Metode yang digunakan pada perhitungan tinggi gelombang rencana

adalah dengan metode *Fisher-Type 1* sehingga pada perencanaan selanjutnya dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Weibull*.

2. Dapat dilakukan perencanaan lanjutan dengan menggunakan kubus beton sebagai bahan struktur bangunan pelindung pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zainal. 2007, "*Perencanaan Pemecah Gelombang Lepas Pantai Dan Bangunan Dinding Pelindung Pantai Sebagai Alternatif Penanggulangan Abrasi Di Pantai Kalibuntu Kabupaten Probolinggo*", Skripsi Teknik Sipil Universitas Islam Malang. Malang.
- Burhan Utomo, Basrindu dan Dwi Prasetyo Wibowo. 2008, "*Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Tambak Mulyo Semarang*", Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010, "*Pedoman Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Pengaman Pantai*", Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010, "*Pedoman Penilaian Kerusakan Pantai dan Prioritas Penanganannya*", Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Mulyanto, H.R. 2010, "*Prinsip Rekayasa Pengendalian Muara dan Pantai*", Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Puspawati Achjar, Dewi. 2007, "*Studi Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Untuk Menanggulangi Pengikisan Pantai Di Ampenan Kota Mataram Nusa Tenggara Barat*", Skripsi Teknik Sipil Universitas Islam Malang. Malang.
- Robyadiansah. 2012, "*Kajian Ulang Stabilitas Geser Dan Guling Parafet Di Sungai Grindulu Kabupaten Pacitan*", Proyek Akhir

- Teknik Sipil Universitas Negeri
Yogyakarta. Yogyakarta.
- Triatmojo, B. 1999, "*Teknik Pantai* ", Beta
Offset. Yogyakarta.
- Triatmojo, B. 2012, "*Perencanaan
Bangunan Pantai Edisi 1*", Beta
offset. Yogyakarta.
- Yuwono, Nur. 1982, "*Teknik Pantai Volume
I*", Biro Penerbit Keluarga
Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas
Teknik UGM. Yogyakarta.